

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

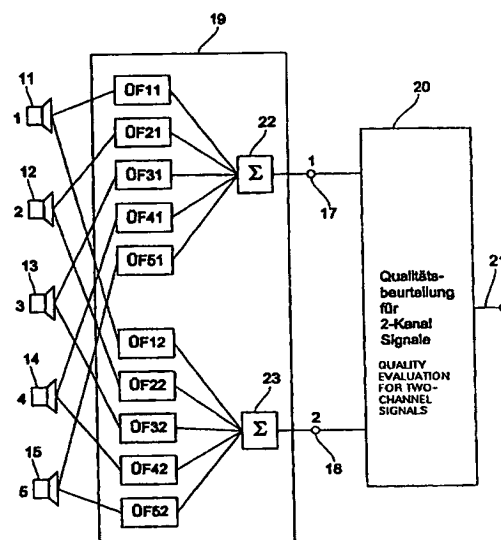
(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : H04R		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/44196
A2		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. Juli 2000 (27.07.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/09979		(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 15. Dezember 1999 (15.12.99)		
(30) Prioritätsdaten: 199 02 317.4 21. Januar 1999 (21.01.99) DE		
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE).		
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SPORER, Thomas [DE/DE]; Wilhelmshavenerstrasse 15, D-90766 Fürth (DE). BITTO, Roland [DE/DE]; Alfons-Stauder-Strasse 77, D-90453 Nürnberg (DE). BRANDENBURG, Karlheinz [DE/DE]; Haagstrasse 32, D-91054 Erlangen (DE).		
(74) Anwalt: SCHOPPE, Fritz; Schoppe, Zimmermann & Stöckeler, Postfach 71 08 67, D-81458 München (DE).		Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR EVALUATING THE QUALITY OF MULTI-CHANNEL AUDIOSIGNALS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR QUALITÄTSBEURTEILUNG VON MEHRKANALIGEN AUDIOSIGNALEN

(57) Abstract

The invention relates to a system for evaluating the quality of an audio test signal derived from an audio reference signal by coding and decoding. The audio test signal and the audio reference signal each present a plurality of channels. The system comprises a device (19) for converting the audio reference signal into a first audio reference sum signal at a first reference point (17) and into a second audio reference sum signal at a second reference point (18) and for converting the audio test signal into a first audio test sum signal at the first reference point (17) and into a second audio test sum signal at the second reference point (18). The audio reference sum signals and the audio test sum signals at the first and second reference points (17, 18) consist of an overlay of the corresponding channels which can be emitted by most loudspeakers (11-15) and are weighted by a transmission function (UF11 - UF52) between each loudspeaker and its corresponding reference point. The invention also relates to a device (20) for evaluating the quality of the audio test sum signals by taking into consideration the audio reference sum signals so as to indicate the quality of the audio test signal. The system provided for by the invention makes it possible to take into consideration actual spaces and any number of channels of the audio test signal in an evaluation of the quality of a hearing-adapted coding/decoding method.



(57) Zusammenfassung

Eine Vorrichtung zur Qualitätsbeurteilung eines Audiotestsignals, das durch Codierung und Decodierung von einem Audioreferenzsignal abgeleitet ist, wobei das Audiotestsignal und das Audioreferenzsignal jeweils eine Mehrzahl von Kanälen aufweisen, umfaßt eine Einrichtung (19) zum Umwandeln des Audioreferenzsignals in ein erstes Audioreferenzsummensignal an einem ersten Bezugspunkt (17) und in ein zweites Audioreferenzsummensignal an einem zweiten Bezugspunkt (18) und zum Umwandeln des Audiotestsignals in ein erstes Audiotestsummensignal an dem ersten Bezugspunkt (17) und in ein zweites Audiotestsummensignal an dem zweiten Bezugspunkt (18), wobei die Audioreferenzsummensignale und die Audiotestsummensignale an dem ersten und dem zweiten Bezugspunkt (17, 18) eine Überlagerung der jeweiligen Kanäle, die von der Mehrzahl von Lautsprechern (11 - 15) ausgebar sind, gewichtet mit einer jeweiligen Übertragungsfunktion (ÜF11 - ÜF52) zwischen dem jeweiligen Lautsprecher und dem entsprechenden Bezugspunkt sind, und eine Anzeige der Qualität des Audiotestsignals zu liefern. Die erfindungsgemäße Vorrichtung erlaubt die Berücksichtigung realer Räume und die Berücksichtigung beliebig vieler Kanäle des Audiotestsignals, um ein bestimmtes Codier/Decodierverfahren gehörangepaßt in seiner Qualität zu beurteilen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauritanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Vorrichtung und Verfahren zur Qualitätsbeurteilung von mehrkanaligen Audiosignalen

Beschreibung

Seit der Standardisierung gehörangepaßter digitaler Codierverfahren werden dieselben in steigendem Maße eingesetzt. Beispiele hierfür sind die digitale Kompaktkassette, die Minidisk, der digitale terrestrische Rundfunk und die digitale Videodisk. Bei der Codierung mittels gehörangepaßter Codierverfahren können jedoch Kunstprodukte oder Artefakte auftreten, die in der analogen Tonsignalverarbeitung nicht aufgetreten sind.

Zur Bewertung bzw. Beurteilung eines bestimmten Codierers sind in der Vergangenheit Hörtests mit Testpersonen durchgeführt worden. Obwohl die Hörtests im Mittel relativ zuverlässige Ergebnisse liefern, besteht dennoch eine subjektive Komponente. Weiterhin sind Hörtest mit einer bestimmten Anzahl von Testpersonen relativ aufwendig und daher relativ teuer. Daher wurden Meßverfahren zur gehörangepaßten Bewertung von Audiosignalen entwickelt.

Ein solches Meßverfahren ist beispielsweise in der DE 196 47 399 C1 beschrieben. Das darin beschriebene Verfahren zur gehörangepaßten Qualitätsbeurteilung modelliert alle nicht-linearen Gehöreffekte sowohl auf ein Referenzsignal als auch auf ein Testsignal. Die gehörangepaßte Qualitätsbeurteilung wird mittels eines Vergleichs in dem Gehörschneckenbereich ("Cochlear Domain") durchgeführt. Dabei werden die Erregungen im Ohr durch das Testsignal bzw. durch das Referenzsignal verglichen. Zu diesem Zweck werden sowohl das Audioreferenzsignal als auch das Audiotestsignal durch eine Filterbank in ihre Spektralzusammensetzungen zerlegt. Durch eine große Anzahl von Filtern, welche sich frequenzmäßig überlappen, wird eine ausreichende sowohl zeitliche als auch frequenzmäßige Auflösung sichergestellt. Somit kann ein

Mono-Audiotestsignal, das durch Codierung und anschließende Decodierung von einem Audioreferenzsignal abgeleitet ist, in seiner Qualität beurteilt werden.

Das in der DE 196 47 399 D1 beschriebene Meßverfahren erlaubt ferner die Qualitätsbeurteilung von Stereosignalen, d. h. zweikanaligen Signalen. Hierzu wird eine nichtlineare Vorverarbeitung, die Transienten frequenzselektiv hervorhebt und stationäre Signale verringert, mit dem linken und rechten Kanal des Audiotestsignals bzw. des Audioreferenzsignals durchgeführt. Insbesondere werden verschiedene Detektionen der Fehlerwahrscheinlichkeit mit dem linken Kanal des Audioreferenzsignals und mit dem linken Kanal des Audiotestsignals als Eingangssignale, mit dem rechten Kanal des Audioreferenzsignals und mit dem rechten Kanal des Audiotestsignals als Eingangssignale, mit dem linken Kanal des vorverarbeiteten Audioreferenzsignals und mit dem linken Kanal des vorverarbeiteten Audiotestsignals als Eingangssignale und mit dem rechten Kanal des vorverarbeiteten Audioreferenzsignals und mit dem rechten Kanal des vorverarbeiteten Audiotestsignals als Eingangssignale durchgeführt, um ein Maß für die Qualität des stereophonen Audiotestsignals zu erhalten.

Nachteilig an dem bekannten Verfahren zur gehörangepaßten Qualitätsbeurteilung von Audiosignalen ist die Tatsache, daß die Stereofähigkeit lediglich auf die Kopfhörerwiedergabe begrenzt ist. Anders ausgedrückt wird das Audiotestsignal, das in das Ohr einer Hörers eintritt, mit dem Audioreferenzsignal, das in das Ohr eines Hörers eintritt, verglichen. Dies bedeutet, daß Effekte, die durch einen Raum hervorgerufen werden, wie z. B. Reflexionen an Wänden, Decke und Boden, Mehrfachreflexionen, Dämpfungen, usw. nicht berücksichtigt werden. Ferner können bekannte Verfahren zur Qualitätsbeurteilung keine Richtungscharakteristik des menschlichen Ohrs berücksichtigen, d. h. es spielt keine Rolle, ob ein Signal von hinten, vorne oder der Seite kommt. Bekannte Meßverfahren arbeiten lediglich für Kopfhörerwiedergabe, bei der das Schallsignal aus dem Kopfhörerlautsprecher, der

üblicherweise direkt am Ohr angeordnet ist, austritt und in das Ohr bzw. in das Verfahren zur Qualitätsbeurteilung eintritt.

Ein weiterer Nachteil des bekannten Verfahrens besteht darin, daß bisher die gehörangepaßte Qualitätsbeurteilung von immer mehr aufkommenden Mehrkanalsignalen, wie z. B. 5-Kanal-Signalen, die unter dem Stichwort "Dolby Surround" bekannt sind, gänzlich unmöglich ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein verbessertes Konzept zur Qualitätsbeurteilung von Audiosignalen zu schaffen, das Raumeffekte mitberücksichtigt.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zur Qualitätsbeurteilung nach Patentanspruch 1 und durch ein Verfahren zur Qualitätsbeurteilung nach Patentanspruch 14 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß dem menschlichen Hörer, um den es letztendlich geht, trotz des Vorhandenseins von Signalen mit beliebig vielen Kanälen immer nur zwei Ohren zur Verfügung stehen. Das Richtungshören wird aufgrund der unterschiedlichen Impulsantworten für unterschiedliche Einfallsrichtungen von Schallsignalen in das menschliche Ohr bewirkt. Die unterschiedlichen Impulsantworten für unterschiedliche Einfallsrichtungen werden in der Technik als Kopf-bezogene Übertragungsfunktionen oder "Head Related Transfer Functions" bezeichnet. Im realen Fall treten nicht nur die direkten Schallwege zwischen Ohr und Lautsprecher sondern zusätzlich auch Reflexionen an den Wänden, der Decke und dem Boden auf. Dies kann als Raumimpulsantwort zusammengefaßt werden. Die HRTFs und die Raumimpulsantwort zusammen führen zu einer Klangveränderung, die erfindungsgemäß auch von Meßsystemen ausgewertet werden können, welche keine explizite Modellierung binauraler Effekte, wie z. B. unterschiedliche Maskierungsschwellen für binaurale Signale im Vergleich zu monoauralen Signalen, Wahrnehmung von Phasen-Verschiebungen, Präzedenzeffekte usw., auf-

weisen.

Bei der Bewertung von Audiosignalen mittels Hörtests werden in der Regel standardisierte Abhörräume, die beispielsweise nach ITU-R BS.1116 standardisiert sind, verwendet. Dabei ist die Größe, die Lautsprecheranordnung und die Nachhallzeit weitgehend festgelegt. Erfindungsgemäß können bei der erweiterten Qualitätsbeurteilung von Audiosignalen sowohl die Kopf-bezogenen Übertragungsfunktionen (HRTFs) als auch Raumimpulsantworten berücksichtigt werden. Ferner ist es für die erfindungsgemäße gehörangepaßte Qualitätsbeurteilung unerheblich, ob ein Signal ein Stereosignal ist, das von zwei Lautsprechern für den linken bzw. rechten Kanal ausgestrahlt wird, oder ob das Signal ein mehrkanaliges Signal ist, das beispielsweise fünf Kanäle aufweist und von fünf Lautsprechern ausgestrahlt wird, die z. B. derart bezüglich eines Hörers positioniert sind, daß die Lautsprecher links hinten, links vorne, rechts hinten, rechts vorne bzw. vorne angeordnet sind.

Hierzu umfaßt die Vorrichtung zur Qualitätsbeurteilung gemäß der vorliegenden Erfindung eine Einrichtung zum Umwandeln des Audioreferenzsignals in ein erstes Audioreferenzsummensignal an einem ersten Bezugspunkt und in ein zweites Audioreferenzsummensignal an einem zweiten Bezugspunkt und eine Einrichtung zum Umwandeln des Audiotestsignals in ein erstes Audiotestsummensignal an dem ersten Bezugspunkt und in ein zweites Audiotestsummensignal an dem zweiten Bezugspunkt, wobei die Audioreferenzsummensignale und die Audiotestsummensignale an dem ersten und dem zweiten Bezugspunkt eine Überlagerung der jeweiligen Kanäle, die von der Mehrzahl von Lautsprechern ausgebar sind, gewichtet mit einer jeweiligen Übertragungsfunktion zwischen dem jeweiligen Lautsprecher und dem entsprechenden Bezugspunkt sind. Die Audioreferenzsummensignale und die Audiotestsummensignale werden schließlich in eine Einrichtung zur Qualitätsbeurteilung eingespeist, um eine Anzeige für die Qualität des Audiotestsignals zu erhalten. Die Einrichtung zur Qualitätsbeurteilung

kann eine beliebige bekannte Einrichtung sein, wie sie beispielsweise in der DE 196 47 399 C1 offenbart ist, oder wie sie in dem internationalen Standard ITU-R BS 1387 (PEAQ) festgelegt worden ist.

Vorteilhaft an dem erfindungsgemäßen Verfahren ist die Tatsache, daß, wenn das Audiosignal ein Stereosignal ist, die Einflüsse des Abhörraums auf die Signalausbreitung von jedem Lautsprecher zu jedem Bezugspunkt, d. h. jedem Ohr, berücksichtigt werden können.

Weiterhin vorteilhaft ist die Tatsache, daß das Verfahren für Audiosignale mit einer beliebigen Anzahl von Kanälen anwendbar ist, da die Kanäle über entsprechende Übertragungsfunktionen, die die Ausbreitung eines Signals von einem Lautsprecher zu einem Ohr modellieren, auf zwei Summensignale umgewandelt werden, derart, daß ein beliebiges Verfahren zur Qualitätsbeurteilung, das für zwei Kanäle geeignet ist, eingesetzt werden kann.

Üblicherweise können die einzelnen Übertragungsfunktionen durch Messung unter Verwendung von eingebauten Mikrofonen mit einem Kunstkopf oder von Sondenmikrofonen mit einem menschlichen Hörer gewonnen werden. Besonders vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Verfahren jedoch dann, wenn die Kopf-bezogenen Übertragungsfunktionen beliebiger Personen bereits bekannt sind und beispielsweise über das Internet von einem entsprechenden Server heruntergeladen werden können. In diesem Fall kann die Raumimpulsantwort eines Abhörraums, die gemessen bzw. simuliert werden kann, mit einer bestimmten vorliegenden HRTF gefaltet werden, um eine Übertragungsfunktion zu erhalten. Dies ist besonders dort vorteilhaft, wo der Abhörraum noch gar nicht existiert, d. h. wo die Schalleigenschaften eines Raums simuliert werden, bevor der Raum überhaupt gebaut wird, um beispielsweise bei der Planung von Konzertsälen oder Tonstudios die Schalleigenschaften zu simulieren und bereits vor dem Bau des Abhörraums denselben zu optimieren.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detailliert erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 ein schematisches Diagramm zur Ermittlung der Kopf-bezogenen Übertragungsfunktionen (HRTFs); und

Fig. 3 ein schematisches Blockdiagramm zur Darstellung der Situation in einem realen Abhörraum.

Fig. 1 zeigt ein schematisches Blockdiagramm einer Vorrichtung zur Qualitätsbeurteilung eines Audiotestsignals, das durch Codierung und Decodierung von einem Audioreferenzsignal abgeleitet ist. Das Audiotestsignal und das Audioreferenzsignal weisen jeweils eine Mehrzahl von Kanälen auf, wobei jeder Kanal durch einen Lautsprecher einer Mehrzahl von Lautsprechern 11 bis 15, die an unterschiedlichen Positionen in einem zumindest fiktiven Raum positioniert sind, hörbar gemacht werden kann, und wobei zwei Bezugspunkte 17, 18 zur Simulation des Gehörs bezüglich der Positionen der Mehrzahl von Lautsprechern 11 bis 15 definiert sind. Die Vorrichtung zur Qualitätsbeurteilung umfaßt eine Einrichtung 19 zum Umwandeln des Audioreferenzsignals in ein erstes Audioreferenzsummensignal an dem ersten Bezugspunkt 17 und in ein zweites Audioreferenzsummensignal an dem zweiten Bezugspunkt 18 und zum Umwandeln des Audiotestsignals in ein erstes Audiotestsummensignal an dem ersten Bezugspunkt 17 und in ein zweites Audiotestsummensignal an dem zweiten Bezugspunkt 18, wobei die Audioreferenzsummensignale und die Audiotestsummensignale an dem ersten und dem zweiten Bezugspunkt 17, 18 eine Überlagerung der jeweiligen Kanäle, die von der Mehrzahl von Lautsprechern 11 bis 15 abgebar sind, gewichtet mit einer jeweiligen Übertragungsfunktion ÜF11 bis ÜF52 zwischen dem jeweiligen Lautsprecher 11 bis 15 und dem ent-

sprechenden Bezugspunkt 17, 18 sind. Die Vorrichtung zur Qualitätsbeurteilung umfaßt ferner eine Einrichtung 20 zur Qualitätsbeurteilung der Audiotestsummensignale unter Berücksichtigung der Audioreferenzsummensignale, um eine Anzeige der Qualität des Audiotestsignals an einem Ausgang 21 zu liefern.

Im nachfolgenden wird auf die Einrichtung 19 zum Umwandeln eingegangen. Dieselbe umfaßt die Mehrzahl von Übertragungsfunktionen ÜF11 bis ÜF52, die entweder die HRTFs sind, wenn ein schalltoter Raum, d. h. ein Raum, in dem keine Reflexionen auftreten, betrachtet wird, oder die die gesamte Übertragungsfunktion des Raums von einem der Lautsprecher 1 bis 5 zu einem Bezugspunkt 1, 2 sind. Wie es in Fig. 1 gezeigt ist, werden die Ausgangssignale der Lautsprecher mit den entsprechenden Übertragungsfunktionen gewichtet. Die Ausgangssignale, die bei einer Gewichtung der Eingangssignale mit den entsprechenden Übertragungsfunktionen entstehen, werden mittels eines ersten Summierers 22 summiert, um erste Audiosummensignale zu erhalten. Analog dazu ist für den zweiten Bezugspunkt 18 ein zweiter Summierer 23 vorgesehen, um die Ausgangssignale der Übertragungsfunktionen von den jeweiligen Lautsprechern 11 bis 15 zu dem zweiten Bezugspunkt 18 zu summieren, um die zweiten Audiosummensignale zu liefern. Selbstverständlich wird sowohl das Audiotestsignal als auch das Audioreferenzsignal der Verarbeitung mittels der Umwandlungseinrichtung 19 unterzogen, derart, daß für das Audioreferenzsignal und das Audiotestsignal gleiche Verhältnisse herrschen, derart, daß die Einrichtung 20 zur Qualitätsbeurteilung für 2-Kanal-Signale lediglich die Qualität der Codierung/Decodierung mißt und keine andere Effekte das Meßergebnis stören.

Obwohl in Fig. 1 die Situation für ein 5-Kanal-Audiosignal dargestellt ist, ist die erfindungsgemäße Vorrichtung ebenfalls auf Stereosignale mit nur zwei Kanälen oder auf Signale mit drei, vier oder mehr als fünf Kanälen anwendbar. In diesem Fall müssen lediglich entsprechende Übertragungsfunk-

tionen hinzugefügt bzw. weggelassen werden. Ferner sei darauf hingewiesen, daß die Positionierung der Lautsprecher in Fig. 1 lediglich schematisch ist. Eine korrekte Positionierung der Lautsprecher bezüglich der Bezugspunkte ist in den Fig. 2 und 3 für das Beispiel von 5-Kanal-Signalen dargestellt.

Bezüglich der Notation der einzelnen Übertragungsfunktionen sei festgestellt, daß sich die erste Ziffer immer auf den Lautsprecher bezieht, während sich die zweite Ziffer auf den Bezugspunkt, d. h. Bezugspunkt Nr. 1 (17) oder Bezugspunkt Nr. 2 (18), bezieht.

Fig. 2 zeigt eine mögliche Anordnung der fünf Lautsprecher 11 bis 15 bezüglich eines Hörers 24, dessen Kopf in Fig. 2 schematisch in der Draufsicht dargestellt ist. Alternativ könnte der Kopf 24 ein Kunstkopf sein. Auf jeden Fall umfaßt der Kopf 24 den ersten Bezugspunkt 17 und den zweiten Bezugspunkt 18, d. h. die Ohren 17, 18 im Falle eines menschlichen Hörers oder die eingebauten Mikrophone 17, 18 bei einem Kunstkopf 18. In Fig. 2 sind Übertragungswege im schalltoten Raum von jedem der Lautsprecher 11 bis 15 zu jedem Bezugspunkt 17, 18 eingetragen. Die Kopf-bezogenen Übertragungsfunktionen (HRTFs) werden durch Abschattung beispielsweise des Kopfes oder der Schultern der Hörperson und durch unterschiedliche Übertragungszeiten bestimmt. So stellt beispielsweise der Pfeil 31a die Übertragungsstrecke von dem ersten Lautsprecher 11 zu dem ersten Bezugspunkt 17 dar. Der Pfeil 31b, der im Bereich des Kopfes 24 gestrichelt gezeichnet ist, stellt die HRTF von dem ersten Lautsprecher 11 zu dem zweiten Bezugspunkt 18 dar. Analog dazu stellt der Pfeil 32a die Übertragungsfunktion von dem zweiten Lautsprecher 12 zu dem ersten Bezugspunkt, d. h. ÜF21 in Fig. 1, dar. Entsprechend stellt der Pfeil 32b die Übertragungsfunktion von dem zweiten Lautsprecher 12 zu dem zweiten Bezugspunkt 18, d. h. ÜF22 in Fig. 1, dar. Durch Summation der Teilsignale der mit der entsprechenden Übertragungsfunktion gewichteten Lautsprecherausgangssignale an den Bezugspunkten

17, 18 ergeben sich dann die ersten bzw. zweiten Audiotestsummensignale bzw. Audioreferenzsummensignale, die in eine beliebige Einrichtung 22 zur Qualitätsbeurteilung für 2-Kanal-Signale eingespeist werden können, um ein Maß für die Qualität des Audiotestsignals, das bei dem in Fig. 2 gezeigten Fall ein 5-Kanal-Signal ist, zu erhalten.

Wie es bereits erwähnt wurde, stellt das Szenario in Fig. 2 die Gewinnung der Kopf-bezogenen Übertragungsfunktionen im schalltoten Raum dar. Dies bedeutet, daß, wenn die HRTFs durch Messung gewonnen werden, der Raum derart beschaffen sein muß, daß sich keine Schallreflektoren innerhalb des Raumes befinden, d. h. daß der Raum vollständig schallabsorbierend ausgekleidet sein muß.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung von Übertragungswegen in einem Abhörraum 30, in dem die Lautsprecher 11, 12, 13, 14, 15 ebenso wie in Fig. 2 angeordnet sind. Zusätzlich zum Direktschall ist hier jeweils ein indirekter Weg von jedem Lautsprecher zum linken Ohr 17 dargestellt. Es sei darauf hingewiesen, daß das Szenario in Fig. 3 lediglich teilweise die Realität widerspiegelt, da hier Reflexionen an allen Wänden, dem Boden und der Decke auftreten und ferner auch Mehrfachreflexionen existieren. Im einzelnen gibt der erste Lautsprecher 11 ferner Schall aus, der, wie es durch eine Linie 31c dargestellt ist, an der vorderen Wand des Raums 30 reflektiert wird und von dort zu dem ersten Bezugspunkt 17 gelangt. Die Übertragungsfunktion von dem ersten Lautsprecher 11 zu dem linken Ohr 17, d. h. ÜF11 in Fig. 1, modelliert daher nicht nur die Direktschallausbreitung 31a von dem Lautsprecher zu dem Ohr sondern auch die Schallausbreitung mittels Reflexion 31c von dem ersten Lautsprecher 11 zu dem ersten Ohr 17. Analog dazu existiert auch ein indirekter Weg von dem zweiten Lautsprecher 12, der durch einen Pfeil 32c angedeutet ist, zu dem ersten Ohr 17. Dies bedeutet, daß die Übertragungsfunktion ÜF21 in Fig. 1 von dem zweiten Lautsprecher 12 zu dem ersten Bezugspunkt 17 nicht nur die Direktschallausbreitung 32a sondern auch die Schall-

ausbreitung mittels Reflexion zu dem ersten Ohr 17 modelliert.

Im nachfolgenden wird auf die Ermittlung der einzelnen Übertragungsfunktionen ÜF11 bis ÜF52 (Fig. 1) eingegangen. Dazu existieren verschiedene Möglichkeiten.

Die erste Möglichkeit besteht darin, eine, wie in Fig. 3 dargestellte, Positionierung der Lautsprecher 11 bis 15 zu den Bezugspunkten 17 und 18 zu wählen. Anschließend wird der erste Lautsprecher 11 mittels eines Anregungssignals angeregt, woraufhin an dem ersten Bezugspunkt 17 das dort ankommende Schallsignal gemessen wird, das eine Überlagerung der Signale 31a, 31c, wenn Fig. 3 betrachtet wird, ist. Außerdem wird das Schallsignal an dem zweiten Bezugspunkt 18 gemessen, das eine Überlagerung des Signals 31b und eines in Fig. 3 nicht gezeigten Signals sein könnte, das von dem ersten Lautsprecher 11 ausgegeben wird und an irgendeiner Wand derart reflektiert wird, daß es am zweiten Bezugspunkt 18 ankommt.

Die Übertragungsfunktion von dem ersten Lautsprecher zu dem ersten Bezugspunkt 17 (ÜF11 in Fig. 1) kann aus dem Anregungssignal und dem an dem ersten Bezugspunkt 17 gemessenen Schallsignal berechnet werden. Wird der Lautsprecher 11 mit einem idealen Impuls angeregt, so ergibt sich an den Bezugspunkten direkt die jeweilige Impulsantwort, die die Übertragung des Schallsignals im Zeitbereich beschreibt. Dies ist jedoch aufgrund praktischer Begrenzungen lediglich eine theoretische Methode. In der Praxis wird der Lautsprecher 11 hingegen mit einem Pseudorauschsignal angeregt. Dieses Verfahren wird für die weiteren Lautsprecher 12 bis 15 wiederholt, derart, daß sich alle weiteren Übertragungsfunktionen ÜF21 bis ÜF52 aus dem gemessenen Schallsignal an dem jeweiligen Bezugspunkt und dem Anregungssignal an dem jeweiligen Lautsprecher ermitteln lassen.

Finden, wie es ausgeführt worden ist, derartige Messungen in

einem realen Raum mit nicht-absorbierenden Wänden usw. statt, so wird direkt die gesamte Übertragungsfunktion, die aus der Raumimpulsantwort und den Kopf-bezogenen Übertragungsfunktionen (HRTFs) für die einzelnen Lautsprecherpositionen bestehen, ermittelt. Werden derartige Messungen in einem schalltoten Raum, d. h. einem vollständig schallabsorbierenden Raum, durchgeführt, so können dadurch die HRTFs direkt ermittelt werden, die dann die Übertragungsfunktionen ÜF11 bis ÜF52 sind.

Solche Schallmessungen sind unabhängig von der Tatsache, ob die Messung mittels zweier eingebauter Mikrophone und eines Kunstkopfes oder mittels zweier Sondenmikrophone und einer Testperson durchgeführt werden, allein schon aufgrund der sehr teuren Sondenmikrophone aufwendig und teuer.

Sind jedoch Kopf-bezogene Übertragungsfunktionen (HRTFs) für bestimmte Personen oder auch für eine "Durchschnittsperson" bekannt, so können dieselben verwendet werden, um mit der Impulsantwort eines Raums, die auch simuliert werden kann, gefaltet zu werden. In diesem Fall werden keine Messungen benötigt, um die Übertragungsfunktionen ÜF11 bis ÜF52 zu ermitteln. Ein wesentlicher Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß damit auch Räume simuliert werden können, die noch gar nicht gebaut sind, um vor dem tatsächlichen Bau eines Tonstudios beispielsweise dasselbe für eine optimale Schallausbreitung für bestimmte Lautsprecherkonfigurationen zu entwerfen. In diesem Fall kann daher nicht mehr davon gesprochen werden, daß der Raum, in dem die Qualität eines codierten und wieder decodierten Audiotestsignals bewertet werden soll, tatsächlich existiert. Stattdessen ist der Raum lediglich in der Simulation vorhanden und somit ein fiktiver Raum.

Unabhängig davon, ob der Raum tatsächlich existiert oder lediglich aufgrund einer Simulation als fiktiver Raum vorhanden ist, wird üblicherweise davon ausgegangen, daß Testpersonen in solch einem Abhörraum, der beispielsweise ein stan-

dardisierter Abhörraum sein kann, am optimalen Abhörplatz sitzen bzw. stehen. Viele Testpersonen bewegen jedoch während des Tests ihren Kopf nach vorne, hinten, links oder rechts, was auch als Translation bezeichnet wird. Darüberhinaus bewegen sich Personen üblicherweise geringfügig aus der optimalen Abhörposition heraus, d. h. die Personen drehen ihren Kopf nach links und rechts, was auch als Peilbewegungen oder Rotation bezeichnet wird. Somit wird sich ein eventuell vorhandener Mittenlautsprecher, d. h. der Lautsprecher 13, nicht mehr genau in der Mitte befinden. Dies erfolgt, weil die Richtungswahrnehmung genau vorne oft unsicher ist. Insbesondere wird häufig vorne und hinten wechselt. Dies wird in der Technik auch als "Front-Back Confusion" bezeichnet. Wenn auf die Fig. 2 und 3 Bezug genommen wird, ist zu sehen, daß sich bei jeder Bewegung des Kopfes der erste Bezugspunkt 17 und der zweite Bezugspunkt 18 bezüglich der festen Lautsprecherpositionen ändern.

Um dieser Situation gerecht zu werden, wird für mehrere Positionen der Bezugspunkte 17, 18 das durch die Vorrichtung zur Qualitätsbeurteilung, die in Fig. 1 dargestellt ist, durchgeführte Verfahren zur Qualitätsbeurteilung ausgeführt, woraufhin sich verschiedene Qualitätsanzeigen für die unterschiedlichen Positionen ergeben. Selbstverständlich müssen für jegliche unterschiedliche Positionen der Bezugspunkte 17, 18 unterschiedliche Übertragungsfunktionen ermittelt und bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet werden. Als Ausgabe ergeben sich dann mehrere Qualitätsanzeigen für unterschiedliche Positionen der Bezugspunkte 17, 18, d. h. für unterschiedliche Kopfstellungen.

Für die Auswertung der unterschiedlichen Qualitätsanzeigen existieren verschiedene Möglichkeiten. Einerseits kann ein Mittelwert genommen werden, um allgemein eine Aussage darüber treffen zu können, daß ein bestimmtes Codier/Decodierverfahren vielleicht optimal ist, wenn die Position des Kopfs überhaupt nicht verändert wird, bzw. daß diese bei bestimmten Translationen oder Peilbewegungen oder Rotationen

des Kopfes nicht mehr so günstig ist wie ein anderes Codierverfahren.

Andererseits kann der "Worst-Case" der einzelnen Messungen herausgefunden werden, um eine Aussage darüber treffen zu können, ob ein bestimmtes Codier/Decodierverfahren bei einer bestimmten Position des Kopfes bezüglich der fünf Lautsprecher im Falle von 5-Kanal-Audiosignalen suboptimal ist. Vorteilhafterweise werden solche Qualitätsbeurteilungen einerseits für mehrere Positionen der Bezugspunkte 17, 18 nahe der optimalen Referenzabhörposition durchgeführt. Andererseits können solche Messungen auch für andere Plätze, die nicht an der Referenzabhörposition sind, durchgeführt werden, um beispielsweise bestimmte andere Sitzplätze in einem Tonstudio beurteilen zu können, um festzustellen, ob hier Codier/Decodierfehler hörbarer sind oder nicht.

Aus der vorangegangenen Beschreibung ist es klar geworden, daß die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren bestehende Vorrichtungen und Verfahren zur Qualitätsbeurteilung mit einem wesentlichen Anteil an Flexibilität versehen, derart, daß nicht nur eine Qualitätsbeurteilung von Audiosignalen mit mehr als zwei Kanälen ermöglicht wird, sondern daß eine Qualitätsbeurteilung für verschiedene Szenarien der Positionierung der Bezugspunkte 17, 18 bezüglich der Lautsprecher 11 bis 15 durchgespielt werden können, und daß die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren sogar beim Entwurf von Tonstudios oder anderen Abhörräumen, wie z. B. Kinos, eingesetzt werden können, um die Qualität bestimmter Codier/Decodierverfahren in einem bestimmten Raum gehörangepaßt beurteilen zu können. Ferner können das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Entwurf von Abhörräumen eingesetzt werden, um für einen bestimmten Raum das optimale Codierverfahren unter einer Vielzahl von möglichen Codierverfahren auszuwählen.

Die Übertragungsfunktionen ÜF11 - ÜF52 können auf verschie-

dene Arten und Weisen schaltungstechnisch realisiert werden. Bevorzugt wird eine Realisierung über ein FIR-Filter für jede Impulsantwort. Es sei darauf hingewiesen, daß für große Räume die FIR-Filter eine beachtliche Länge einnehmen können, die beispielsweise bei einer Abtastfrequenz von 48 kHz über 100.000 Abtastwerte lang sein können. Hierbei bietet sich an, die ersten Millisekunden dieser Länge, in der eher diskrete Reflexionen auftreten, genauer darzustellen als den Zeitbereich eher am Ende Filters, wo eher diffuse Reflexionen auftreten.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Qualitätsbeurteilung eines Audiotestsignals, das durch Codierung und Decodierung von einem Audioreferenzsignal abgeleitet ist, wobei das Audiotestsignal und das Audioreferenzsignal jeweils eine Mehrzahl von Kanälen aufweisen, wobei jeder Kanal durch einen Lautsprecher (11 - 15) einer Mehrzahl von Lautsprechern, die an unterschiedlichen Positionen in einem zumindest fiktiven Raum (30) positioniert sind, hörbar gemacht werden kann, und wobei zwei Bezugspunkte (17, 18) des Gehörs bezüglich der Positionen der Mehrzahl von Lautsprechern definiert sind, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung (19) zum Umwandeln des Audioreferenzsignals in ein erstes Audioreferenzsummensignal an dem ersten Bezugspunkt (17) und in ein zweites Audioreferenzsummensignal an dem zweiten Bezugspunkt (18) und zum Umwandeln des Audiotestsignals in ein erstes Audiotestsummensignal an dem ersten Bezugspunkt (17) und in ein zweites Audiotestsummensignal an dem zweiten Bezugspunkt (18), wobei die Audioreferenzsummensignale und die Audiotestsummensignale an dem ersten und an dem zweiten Bezugspunkt (17, 18) eine Überlagerung der jeweiligen Kanäle, die von der Mehrzahl von Lautsprechern (11 - 15) ausgebar sind, gewichtet mit einer jeweiligen Übertragungsfunktion (ÜF11 - ÜF52) zwischen dem jeweiligen Lautsprecher und dem entsprechenden Bezugspunkt sind; und

einer Einrichtung (20) zur Qualitätsbeurteilung der Audiotestsummensignale unter Berücksichtigung der Audioreferenzsummensignale, um eine Anzeige der Qualität des Audiotestsignals zu liefern.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Übertragungsfunktionen (ÜF11 - ÜF52) zwischen den jeweiligen Laut-

- sprechern (11 - 15) und den entsprechenden Bezugspunkten (17, 18) individuelle Kopf-bezogene Übertragungsfunktionen (HRTF) sind, um die unterschiedlichen Impulsantworten für unterschiedliche Schalleinfallrichtungen in das menschliche Ohr (17, 18) zu berücksichtigen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, bei der die Übertragungsfunktion (ÜF11 - ÜF52) zwischen den jeweiligen Lautsprechern (11 - 15) und den entsprechenden Bezugspunkten (17, 18) durch eine Mittelung über eine Vielzahl von Individuen gewonnene mittlere Kopf-bezogene Übertragungsfunktionen (HTRFs) sind.
 4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Übertragungsfunktion (ÜF11 - ÜF52) zwischen dem jeweiligen Lautsprecher (11 - 15) und dem entsprechenden Bezugspunkt (17, 18) eine Übertragungsfunktion ist, die gleich der Faltung der Kopf-bezogenen Übertragungsfunktion mit einer Raumimpulsantwort ist, derart, daß die Schallreflexionen des Raums, in dem die Mehrzahl von Lautsprechern (11 - 15) und die beiden Bezugspunkte (17, 18) positioniert sind, berücksichtigt werden.
 5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Übertragungsfunktion (ÜF11 - ÜF52) zwischen den jeweiligen Lautsprechern (11 - 15) und dem entsprechenden Bezugspunkt (17, 18) gemittelte Übertragungsfunktionen sind, die das Ergebnis einer Mittelung einzelner Übertragungsfunktionen zwischen festen Lautsprecherpositionen und variierten Positionen der Bezugspunkte (17, 18) sind.
 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Einrichtung (19) zum Umwandeln angeordnet ist, um für verschiedene Positionen des ersten und des zweiten Bezugspunkts (17, 18) bezüglich fester Lautsprecherpo-

sitionen Übertragungsfunktionen zu liefern, und bei der die Einrichtung zur Qualitätsbeurteilung (20) angeordnet ist, um für unterschiedliche Übertragungsfunktionen die Anzeige der Qualität des Audiotestsignals zu liefern und für die Anzeige der geringsten Qualität die Positionen der Bezugspunkte (17, 18) zu liefern.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Raum (30) ein standardisierter Referenzabhörraum ist und die beiden Bezugspunkte (17, 18) die Gehörorgane einer Testperson an einer Referenzabhörposition simulieren.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der der Raum (30) ein Tonstudio ist und die beiden Bezugspunkte die Gehörorgane einer Testperson an einer beliebigen Sitz/Steh-Position in dem Raum simulieren.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, bei der die verschiedenen Positionen des ersten und des zweiten Bezugspunkts (17, 18) nur gering von einer Referenzposition abweichen, um eine Peilbewegung einer Testhörperson zu simulieren.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, bei der die verschiedenen Positionen des ersten und des zweiten Bezugspunkts stark von der Referenzposition abweichen, um eine Kopfdrehung einer Testhörperson zu simulieren.
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Audiotestsignal fünf Kanäle aufweist, die ein linker hinterer, ein rechter hinterer, ein linker vorderer, ein rechter vorderer und ein mittlerer vorderer Kanal sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der das Audiotestsignal ein Stereosignal ist.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung (19) zum Umwandeln folgende Merkmale aufweist:

für jede Lautsprecher-Bezugspunkt-Kombination ein FIR-Filter, wobei die Filterkoeffizienten jedes FIR-Filters durch die Übertragungsfunktion der Übertragungsstrecke von dem entsprechenden Lautsprecher zu dem entsprechenden Bezugspunkt bestimmt sind;

einen ersten Summierer (22) für den ersten Bezugspunkt (17) zum Summieren der Ausgangssignale der FIR-Filter (ÜF11 - ÜF51), die Übertragungsstrecken zu dem ersten Bezugspunkt (17) darstellen, um das erste Audiotestsummensignal bzw. das erste Audioreferenzsummensignal zu liefern; und

einen zweiten Summierer (23) für den zweiten Bezugspunkt (18) zum Summieren der Ausgangssignale der FIR-Filter (ÜF12 - ÜF52), die eine Übertragungsstrecke zu dem zweiten Bezugspunkt (18) darstellen, um das zweite Audiotestsummensignal bzw. das zweite Audioreferenzsummensignal zu liefern.

14. Verfahren zur Qualitätsbeurteilung eines Audiotestsignals, das durch Codierung und Decodierung von einem Audioreferenzsignal abgeleitet ist, wobei das Audiotestsignal und das Audioreferenzsignal jeweils eine Mehrzahl von Kanälen aufweisen, wobei jeder Kanal durch einen Lautsprecher (11 - 15) einer Mehrzahl von Lautsprechern, die an unterschiedlichen Positionen in einem zumindest fiktiven Raum (30) positioniert sind, hörbar gemacht werden kann, und wobei zwei Bezugspunkte (17, 18) bezüglich der Positionen der Mehrzahl von Lautsprechern definiert sind, mit folgenden Schritten:

Umwandeln (19) des Audioreferenzsignals in ein erstes Audioreferenzsummensignal an dem ersten Bezugspunkt

(17) und in ein zweites Audioreferenzsummensignal an dem zweiten Bezugspunkt (18);

Umwandeln des Audiotestsignals in ein erstes Audiotestsummensignal an dem ersten Bezugspunkt (17) und in ein zweites Audiotestsummensignal an dem zweiten Bezugspunkt (18);

Gewichten der jeweiligen Kanäle, die von der Mehrzahl von Lautsprechern (11 - 15) ausgebar sind, mit einer jeweiligen Übertragungsfunktion (ÜF11 - ÜF52) zwischen dem jeweiligen Lautsprecher und dem entsprechenden Bezugspunkt;

Überlagern der gewichteten Kanäle an dem ersten bzw. an dem zweiten Bezugspunkt (17, 18), um die Audioreferenzsummensignale und die Audiotestsummensignale zu erhalten; und

Leiten der Audiotestsummensignale und der Audioreferenzsummensignale zu einer Einrichtung (20) zur Qualitätsbeurteilung der Audiotestsummensignale unter Berücksichtigung der Audioreferenzsummensignale, um eine Anzeige der Qualität des Audiotestsignals zu erhalten.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem dem Schritt des Umwandeln (19) folgender Schritt vorausgeht:

Erhalten der einzelnen Übertragungsfunktionen (ÜF11-ÜF52) zwischen jedem Lautsprecher (11 - 15) und jedem Bezugspunkt (17, 18).

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem der Schritt des Erhaltens folgende Teilschritte aufweist:

Anregen eines Lautsprechers (11 - 15) mit einem Anregungssignal;

Messen des Signals an jedem Bezugspunkt (17, 18);

Ermitteln der Übertragungsfunktion zwischen dem angeregten Lautsprecher und dem ersten Bezugspunkt (17);

Ermitteln der Übertragungsfunktion zwischen dem angeregten Lautsprecher und dem zweiten Bezugspunkt (18);
und

Wiederholen der Schritte des Anregens, des Messens und des Ermittelns, bis alle Lautsprecher (11 - 15) angeregt worden sind, um die einzelnen Übertragungsfunktionen zu erhalten.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem der erste und der zweite Bezugspunkt (17, 18) die Ohren eines menschlichen Hörers sind.
18. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem der erste und der zweite Bezugspunkt die eingebauten Mikrophone eines Kunstkopfes sind.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, bei dem das Anregungssignal ein Pseudorauschsignal ist.
20. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem der Schritt des Erhaltens folgende Teilschritte aufweist:

Zugreifen auf eine Kopf-bezogene Übertragungsfunktion (HRTF) für eine bestimmte Positionierung eines Lautsprechers (11 - 15) zu dem ersten Bezugspunkt (17);

Ermitteln der Raumimpulsantwort für die Position des Lautsprechers in dem Raum;

Falten der Kopf-bezogenen Übertragungsfunktion (HRTF) mit der Raumimpulsantwort, um die Übertragungsfunktion von dem Lautsprecher zu dem ersten Bezugspunkt (17) zu

erhalten;

Wiederholen der Schritte des Zugreifens, des Ermitteln und des Faltens, um die Übertragungsfunktion (ÜF11 - ÜF52) von dem Lautsprecher zu dem zweiten Bezugspunkt zu erhalten; und

Durchführen der Schritte des Zugreifens, des Ermitteln, des Faltens und des Wiederholens für jeden weiteren Lautsprecher, um alle einzelnen Übertragungsfunktionen zu erhalten.

21. Verfahren nach Anspruch 19, bei dem die Raumimpulsantwort durch eine Simulation des Raumes ermittelt wird.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

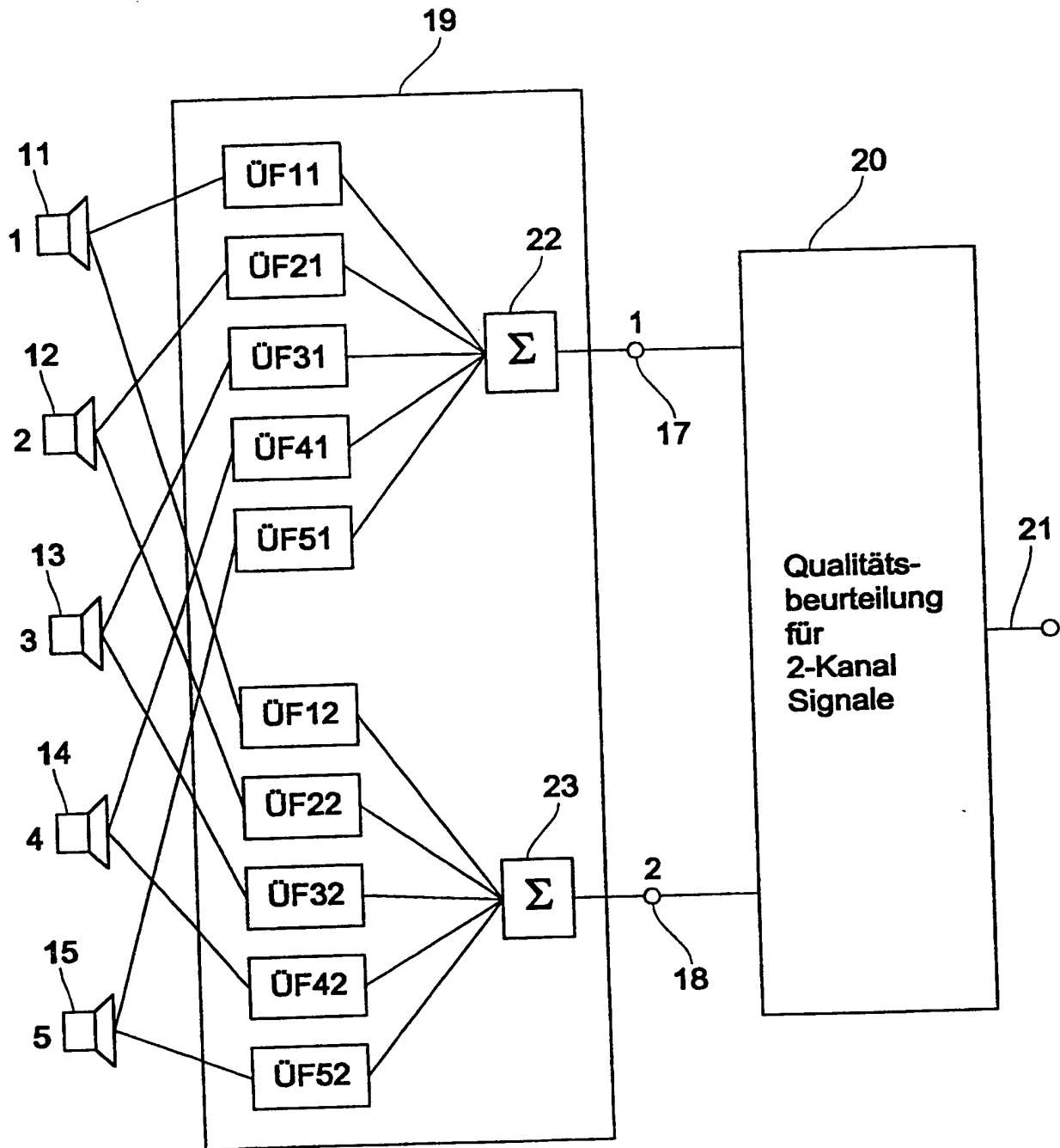


Fig. 1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

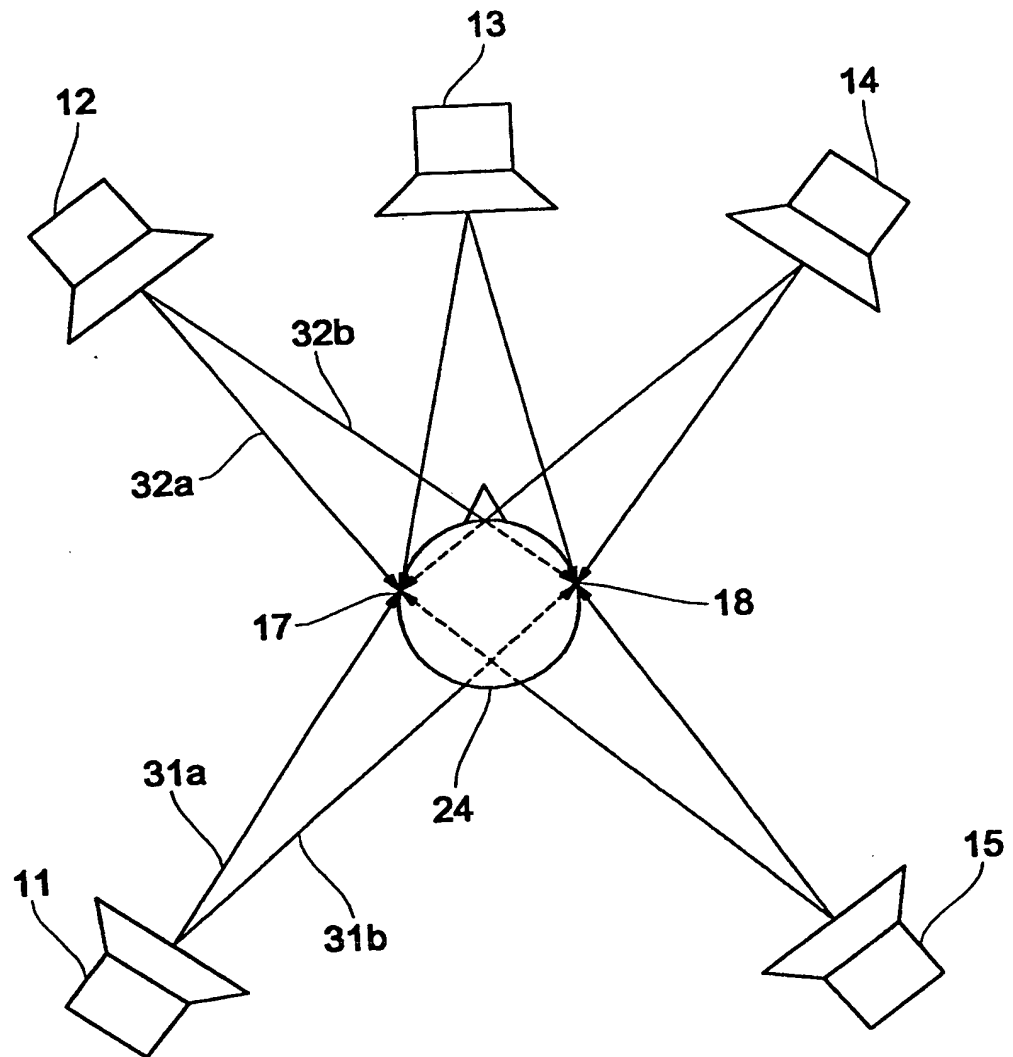


Fig. 2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

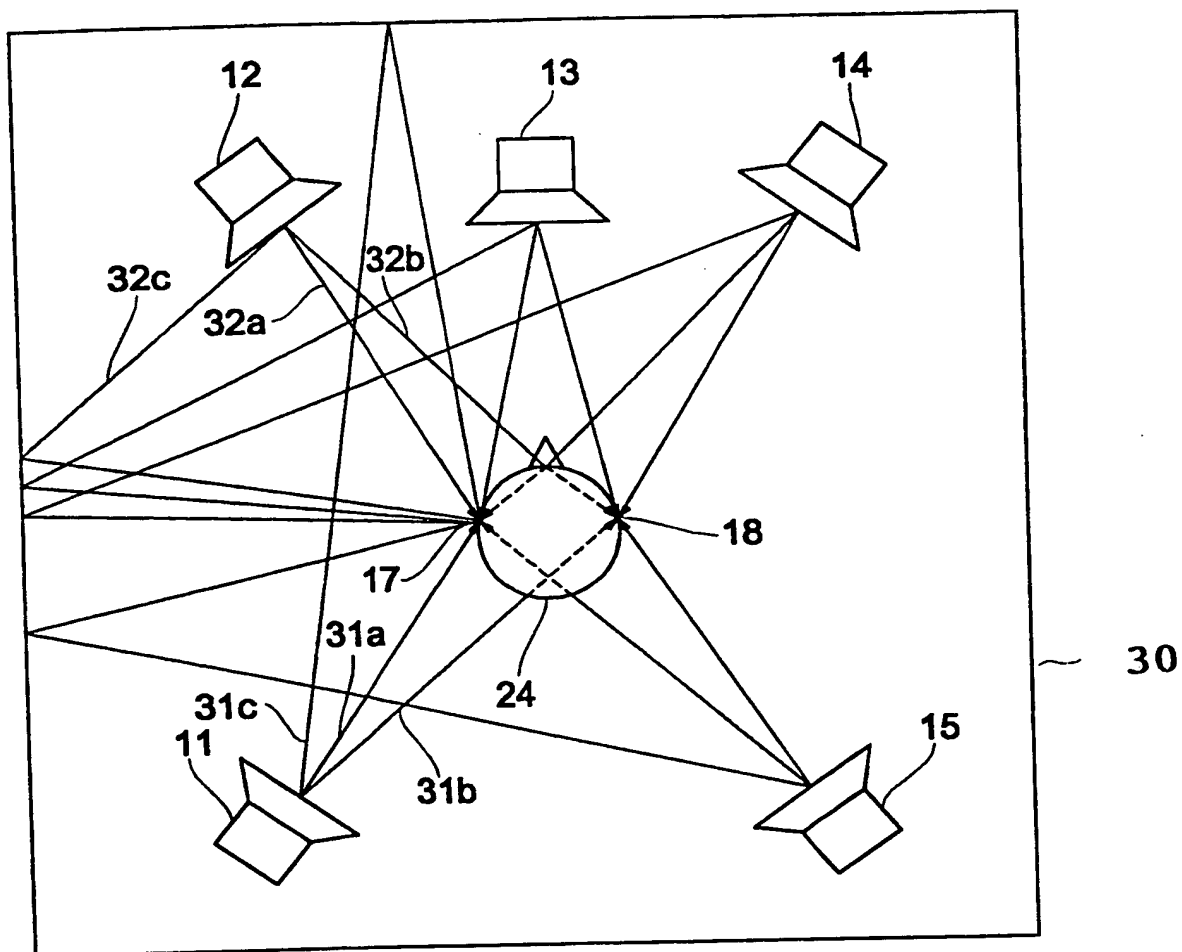


Fig. 3

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ :

H04R 29/00

A3

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/44196

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum:

27. Juli 2000 (27.07.00)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/09979

(22) Internationales Anmeldedatum: 15. Dezember 1999
(15.12.99)

(30) Prioritätsdaten:
199 02 317.4 21. Januar 1999 (21.01.99) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUN-
HOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER
ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leon-
rodstrasse 54, D-80636 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SPORER, Thomas [DE/DE];
Wilhelmshavenerstrasse 15, D-90766 Fürth (DE). BITTO,
Roland [DE/DE]; Alfons-Stauder-Strasse 77, D-90453
Nürnberg (DE). BRANDENBURG, Karlheinz [DE/DE];
Haagstrasse 32, D-91054 Erlangen (DE).

(74) Anwalt: SCHOPPE, Fritz; Schoppe, Zimmermann & Stöckeler,
Postfach 71 08 67, D-81458 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH,
CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL,
PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

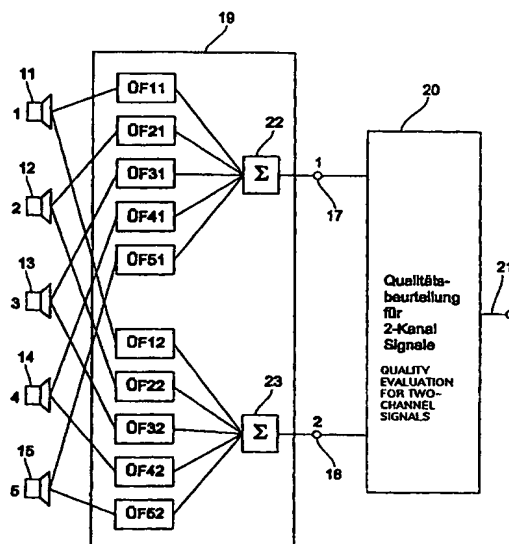
(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenbe-
richts: 19. Oktober 2000 (19.10.00)

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR EVALUATING THE QUALITY OF MULTI-CHANNEL AUDIOSIGNALS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR QUALITÄTSBEURTEILUNG VON MEHRKANALIGEN AUDIOSIG-
NALEN

(57) Abstract

The invention relates to a system for evaluating the quality of an audio test signal derived from an audio reference signal by coding and decoding. The audio test signal and the audio reference signal each present a plurality of channels. The system comprises a device (19) for converting the audio reference signal into a first audio reference sum signal at a first reference point (17) and into a second audio reference sum signal at a second reference point (18) and for converting the audio test signal into a first audio test sum signal at the first reference point (17) and into a second audio test sum signal at the second reference point (18). The audio reference sum signals and the audio test sum signals at the first and second reference points (17, 18) consist of an overlay of the corresponding channels which can be emitted by most loudspeakers (11-15) and are weighted by a transmission function (UF11 - UF52) between each loudspeaker and its corresponding reference point. The invention also relates to a device (20) for evaluating the quality of the audio test sum signals by taking into consideration the audio reference sum signals so as to indicate the quality of the audio test signal. The system provided for by the invention makes it possible to take into consideration actual spaces and any number of channels of the audio test signal in an evaluation of the quality of a hearing-adapted coding/decoding method.



(57) Zusammenfassung

Eine Vorrichtung zur Qualitätsbeurteilung eines Audiotestsignals, das durch Codierung und Decodierung von einem Audioreferenzsignal abgeleitet ist, wobei das Audiotestsignal und das Audioreferenzsignal jeweils eine Mehrzahl von Kanälen aufweisen, umfaßt eine Einrichtung (19) zum Umwandeln des Audioreferenzsignals in ein erstes Audioreferenzsummensignal an einem ersten Bezugspunkt (17) und in ein zweites Audioreferenzsummensignal an einem zweiten Bezugspunkt (18) und zum Umwandeln des Audiotestsignals in ein erstes Audiotestsummensignal an dem ersten Bezugspunkt (17) und in ein zweites Audiotestsummensignal an dem zweiten Bezugspunkt (18), wobei die Audioreferenzsummensignale und die Audiotestsummensignale an dem ersten und dem zweiten Bezugspunkt (17, 18) eine Überlagerung der jeweiligen Kanäle, die von der Mehrzahl von Lautsprechern (11 – 15) ausgebar sind, gewichtet mit einer jeweiligen Übertragungsfunktion (ÜF11 – ÜF52) zwischen dem jeweiligen Lautsprecher und dem entsprechenden Bezugspunkt sind, und eine Einrichtung (20) zur Qualitätsbeurteilung der Audiotestsummensignale unter Berücksichtigung der Audioreferenzsummensignale, um eine Anzeige der Qualität des Audiotestsignals zu liefern. Die erfindungsgemäße Vorrichtung erlaubt die Berücksichtigung realer Räume und die Berücksichtigung beliebig vieler Kanäle des Audiotestsignals, um ein bestimmtes Codier/Decodierverfahren gehörangepaßt in seiner Qualität zu beurteilen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/09979

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04R29/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04R H04S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 97 25834 A (VIRTUAL LISTENING SYSTEMS INC ;TUCKER TIMOTHY J (US); GREEN DAVID) 17 July 1997 (1997-07-17) page 3, line 5-15 page 7, line 28 -page 8, line 26 page 10, line 11 -page 12, line 11 page 15, line 8-20 page 24, line 12 -page 25, line 9 page 26, line 31 -page 27, line 28 ----	1-21
Y	EP 0 165 733 A (PIONEER ELECTRONIC CORP) 27 December 1985 (1985-12-27) page 5, line 37-47 page 6, line 37 -page 7, line 21 page 9, line 8 -page 11, line 11 ----- -/--	1-21

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 July 2000

Date of mailing of the international search report

25/07/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Zanti, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/09979

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 196 47 399 C (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 2 July 1998 (1998-07-02) cited in the application page 2, line 3,4 page 2, line 48 -page 4, line 2 page 5, line 22 -page 9, line 7 page 9, line 25-44 ----	1-21
A	US 5 802 180 A (FOSTER SCOTT HAINES ET AL) 1 September 1998 (1998-09-01) column 4, line 65 -column 5, line 35 column 6, line 13 -column 16, line 11 -----	1-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/09979

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9725834 A	17-07-1997	US 5742689 A	21-04-1998
		AU 1527197 A	01-08-1997
EP 0165733 A	27-12-1985	JP 60254997 A	16-12-1985
		JP 1797135 C	28-10-1993
		JP 5003928 B	18-01-1993
		JP 61108214 A	26-05-1986
		JP 2018020 C	19-02-1996
		JP 7054998 B	07-06-1995
		JP 61108294 A	26-05-1986
		DE 3580402 D	13-12-1990
		US 4739513 A	19-04-1988
DE 19647399 C	02-07-1998	AU 4780497 A	10-06-1998
		WO 9823130 A	28-05-1998
		EP 0938831 A	01-09-1999
		NO 992355 A	03-06-1999
US 5802180 A	01-09-1998	US 5596644 A	21-01-1997
		AU 699647 B	10-12-1998
		AU 3969495 A	23-05-1996
		DE 69517192 D	29-06-2000
		EP 0788723 A	13-08-1997
		EP 0984667 A	08-03-2000
		JP 10508169 T	04-08-1998
		WO 9613962 A	09-05-1996

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/09979

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04R29/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04R H04S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 97 25834 A (VIRTUAL LISTENING SYSTEMS INC ;TUCKER TIMOTHY J (US); GREEN DAVID) 17. Juli 1997 (1997-07-17) Seite 3, Zeile 5-15 Seite 7, Zeile 28 -Seite 8, Zeile 26 Seite 10, Zeile 11 -Seite 12, Zeile 11 Seite 15, Zeile 8-20 Seite 24, Zeile 12 -Seite 25, Zeile 9 Seite 26, Zeile 31 -Seite 27, Zeile 28 ---	1-21
Y	EP 0 165 733 A (PIONEER ELECTRONIC CORP) 27. Dezember 1985 (1985-12-27) Seite 5, Zeile 37-47 Seite 6, Zeile 37 -Seite 7, Zeile 21 Seite 9, Zeile 8 -Seite 11, Zeile 11 --- -/--	1-21

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Juli 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

25/07/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Zanti, P

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 196 47 399 C (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 2. Juli 1998 (1998-07-02) in der Anmeldung erwähnt Seite 2, Zeile 3,4 Seite 2, Zeile 48 -Seite 4, Zeile 2 Seite 5, Zeile 22 -Seite 9, Zeile 7 Seite 9, Zeile 25-44 ----	1-21
A	US 5 802 180 A (FOSTER SCOTT HAINES ET AL) 1. September 1998 (1998-09-01) Spalte 4, Zeile 65 -Spalte 5, Zeile 35 Spalte 6, Zeile 13 -Spalte 16, Zeile 11 -----	1-21

INTERNATIONAL RESEARCH REPORT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/09979

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9725834 A	17-07-1997	US 5742689 A AU 1527197 A	21-04-1998 01-08-1997
EP 0165733 A	27-12-1985	JP 60254997 A JP 1797135 C JP 5003928 B JP 61108214 A JP 2018020 C JP 7054998 B JP 61108294 A DE 3580402 D US 4739513 A	16-12-1985 28-10-1993 18-01-1993 26-05-1986 19-02-1996 07-06-1995 26-05-1986 13-12-1990 19-04-1988
DE 19647399 C	02-07-1998	AU 4780497 A WO 9823130 A EP 0938831 A NO 992355 A	10-06-1998 28-05-1998 01-09-1999 03-06-1999
US 5802180 A	01-09-1998	US 5596644 A AU 699647 B AU 3969495 A DE 69517192 D EP 0788723 A EP 0984667 A JP 10508169 T WO 9613962 A	21-01-1997 10-12-1998 23-05-1996 29-06-2000 13-08-1997 08-03-2000 04-08-1998 09-05-1996

THIS PAGE BLANK (USPTO)